

嚥下動作に伴う口腔内の接触圧力測定システムの開発

Development of Measurement System of Contact Pressure in Oral Cavity with Swallowing

笹川 和彦*, 大里 泰彦*, 横山 紘太郎*, 才藤栄一**

Kazuhiko Sasagawa*, Yasuhiko Osato*, Kotaro Yokoyama*, Eiichi Saitoh**

*弘前大学, **藤田保健衛生大学

*Hirosaki University, **Fujita Health Univ.

キーワード : 嚥下(swallowing), 嚥下障害(dysphagia), 感圧導電ゴム(pressure sensitive
conductive rubber), 接触圧力(contact pressure), センサシステム(sensor system)

連絡先 : 〒036-8561 弘前市文京町 3 弘前大学大学院理工学研究科 知能機械システム工学
専攻 笹川研究室 大里泰彦, Tel.& Fax.:(0172)39-3690, E-mail: h08gs505@stu.hirosaki-u.ac.jp

1. 緒言

食べ物や飲み物を飲み込む動作のことを嚥下といい, 嚥下が様々な原因でスムーズに行えなくなる嚥下障害は現在多くの患者に見られる。特に, 高齢者の死因の上位である肺炎の中には嚥下障害が原因となっている場合も多いとされる。嚥下障害の治療においては嚥下機能を正しく評価し, 個々の障害に応じた処置をすることが必要である。よって治療は嚥下機能がどの段階で, どの程度障害されているのかを診断する病態診断に基づいて行われる⁽¹⁾。病態診断の方法の一つに嚥下圧検査がある。嚥下圧を測定することにより, 嚥下関連筋群の運動性や嚥下運動の協調性の障害などを評価することがその目的である。しかし, 現在は市販の流体圧センサを用いた測定が行われ

ており, 咽頭内の軟部組織間の接触圧力測定に基づいた評価は行われていない。そこで最近, 咽頭内の接触圧力測定に適した構造で十分な測定点数を有するセンサシステムの開発がなされている⁽²⁾。

本研究では, 咽頭内の接触圧力のみならず口腔内の接触圧力動態をも同時に測定可能な嚥下時の口腔および咽頭内の接触圧力測定システムの実現を目指し, 未だ開発されていない口腔内の舌 - 口蓋間の接触圧力センサシステムを開発するとともに, 健常者による適用実験を行い同センサシステムの有効性について検討する。

2. 接触圧力分布測定システム

接触圧力センサの圧力変換素子として感圧導電ゴム(PSCR)を用いた⁽³⁾。図 1 に示す

ように感圧導電ゴムに圧力が作用すると電気抵抗値が指数関数的に徐々に減少する特性を有している。図2,3に示すように、接触圧力センサはシート状の感圧導電ゴムを2枚の銅張ポリイミドフィルム電極で挟んだものを基本構造とした。図2には咽頭用

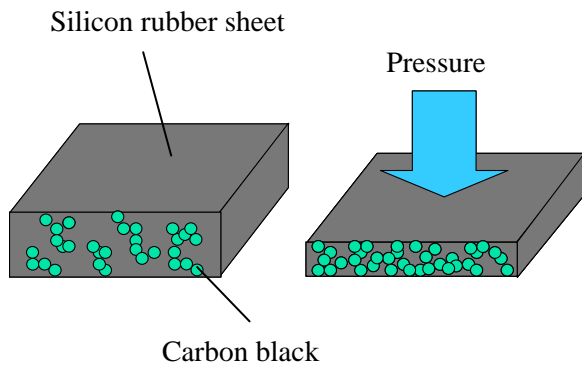
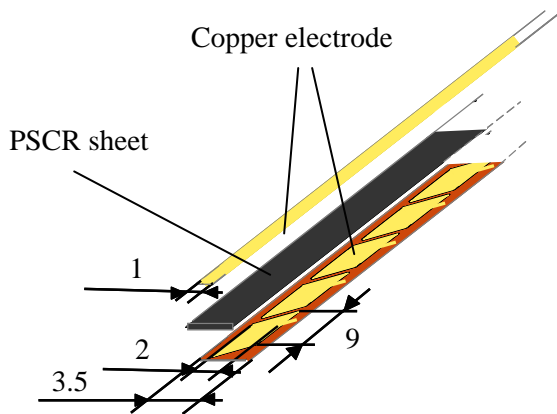
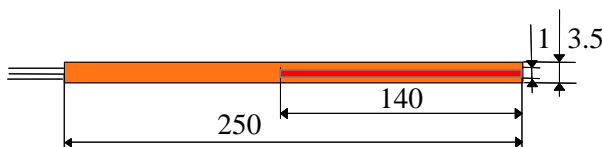


Fig.1 Conductive mechanism of PSCR



(a) Sensor assembly (mm)

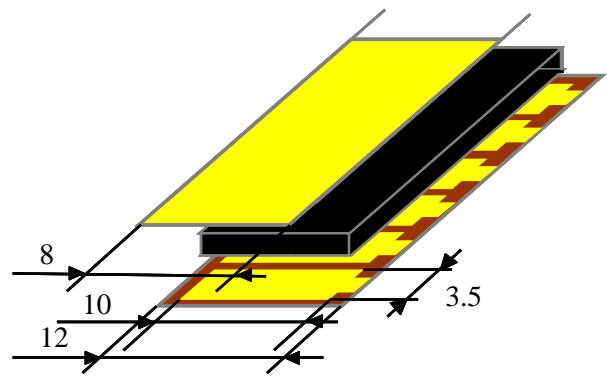


(b) Dimensions (mm)

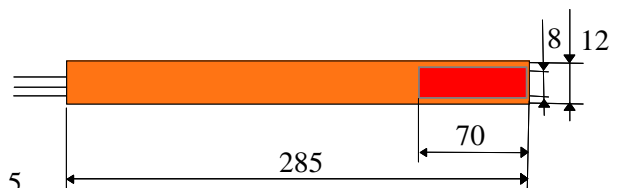


Fig.2 Pressure sensor for pharynx

センサの構造と外観を、図3には新たに作製した口腔用センサの構造と外観を示す。口腔用センサの厚さは約 600 μm 、測定点数は 16 点、1 点の測定領域は $8 \times 3.5 \text{mm}^2$ とした。PSCR を利用した接触圧力センサは、薄くてしなやかであるとともに連続的な圧力測定が可能である。シート厚さ方向の抵抗変化を電圧変化に変換する測定回路を用いて作用圧力に対応する電圧を測定する。



(a) Sensor assembly (mm)



(b) Dimensions (mm)



Fig.3 Pressure sensor for oral cavity

測定回路はセンサに電気抵抗を直列に接続したものを基本回路とし、それを測定点の数だけ並列に接続した。センサと直列に接続する電気抵抗の大きさによって圧力の測定感度はある程度任意に設定可能である。測定システムの概略を図4に示す。測定回路から出力される電圧データはA/Dコンバータ(CONTEC社製 ADA16-32/2(CB)F)にてA/D変換し、パーソナルコンピュータに取り込んだ。A/Dコンバータの分解能は16bitである。測定点16点の口腔用センサの測定周期は109msecである。

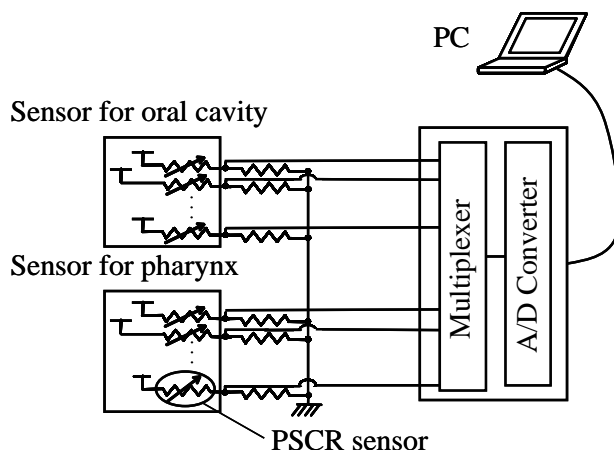


Fig.4 Measuring system

図5に較正実験の装置を示す。圧力センサをテフロンシートとスポンジゴムで挟み込み万能試験機により圧縮試験を行い、較正曲線を求めた。図6に本センサの較正曲線の一例を示す。図より5kPaまでの接触圧力が測定可能であることがわかる。またPSCRのクリープによる測定誤差を考慮して測定実験の前後で較正実験を行い、得られた較正曲線それぞれを用いて求めた圧力値の平均を測定値とした。

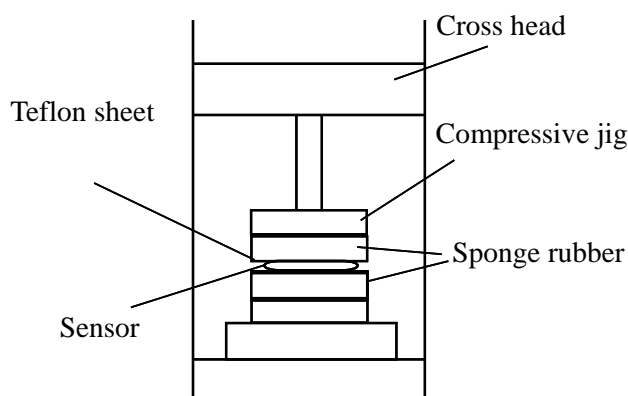


Fig.5 Calibration apparatus

3. 適用実験

口腔用センサシステムの有効性について検討するために、健常者に本システムを適用し、唾液嚥下時の舌 - 口蓋間の接触圧力分布の測定を行った。市販のクリームタイプの義歯安定剤を使用し、図7に示すように口蓋に圧力センサを設置した。適用実験により得られた接触圧力の変化を図8に示す。時間経過に伴い接触圧力のピークが口蓋前部(3ch)から咽頭側(14ch)に移っていくことがわかる。センサ受圧面における圧力分布の変化を図9に示す。舌による咽頭へ

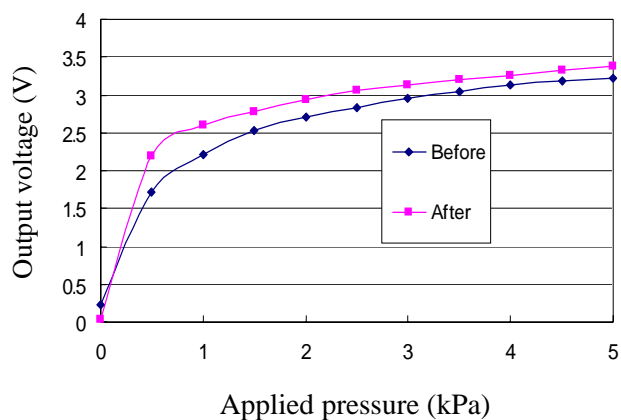


Fig.6 Relationship between applied pressure and output voltage

の唾液の送り込みに対応した圧力分布がセンサの長さ方向に連続して測定された。これにより、開発した本センサシステムは舌 - 口蓋間の接触動態に応じた接触圧力の変化を詳細に測定可能であると考えることができる

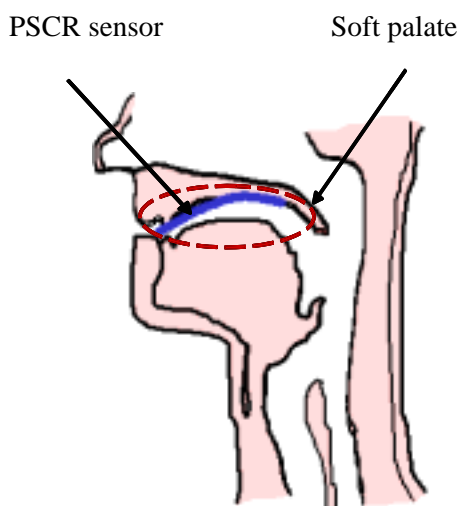
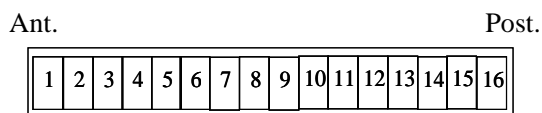


Fig.7 Sensor position

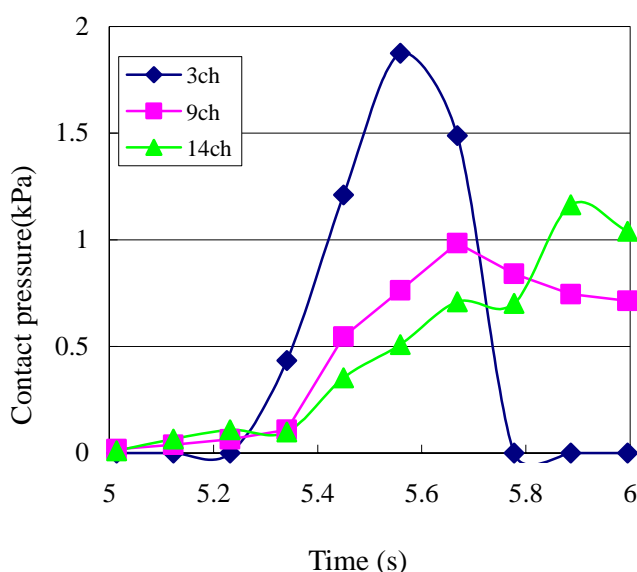


Fig.8 Changes in contact pressure with time

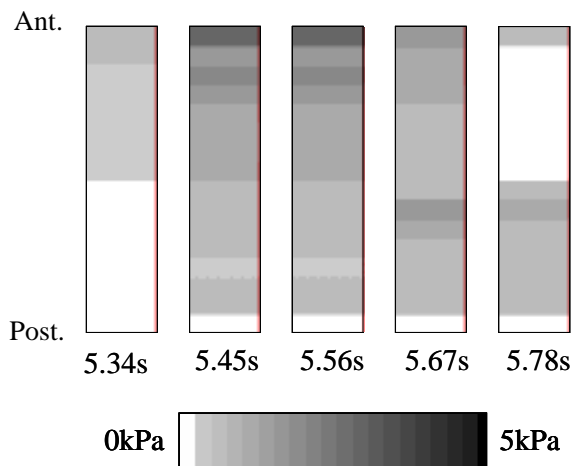


Fig. 9 Contact pressure distribution between tongue and oral cavity

4. 結言

咽頭内のみならず口腔内の接触圧力分布同時測定の実現を目指し、口腔内の舌 - 口蓋間の接触圧力分布を測定するための専用センサを、感圧導電ゴムを用いて新たに作製することにより、嚥下動作時における口腔用の接触圧力測定システムを開発した。健常者の嚥下時において、舌-口蓋間の接触動態に伴う圧力分布の変化が捉えられたことから本システムの有効性を示した。

参考文献

- 1) 湯本英二: 嚥下圧検査, ENTONI, 9, 13/17 (2000)
- 2) H. Yajima: A Study on Measurement System Using Pressure-Sensitive Conductive Rubber Sensor for Contact Pressure on Human Soft Tissues, Master's Thesis, Hirosaki University, (2007)
- 3) 笹川和彦, 原利昭, 石井卓, 古賀良夫, 金谷喜久雄, 田村義則: PTB 下腿装具の免荷性の評価, 日本機械学会論文集 A 編, 58-551, 1148/1153 (1992)